

# 스칼라장의 효율적인 재구성을 위한 정보적 경로계획

왕정현\* · Thorsteinn Baldvin Jonsson\*\* · 김진환\*\*\*† · 황태현\*\*\* · 이문진\*\*\*

\* KAIST 로봇공학학제전공, \*\* KAIST 기계공학과, \*\*\* 선박해양플랜트연구소

## Informative Path Planning for Efficient Reconstruction of Scalar Field

Jeonghyeon Wang\* · Þorsteinn Baldvin Jonsson\*\* · Jinwhan Kim\*\*\*† · Fang Tae Hyun\*\*\* · Moonjin Lee\*\*\*

\* KAIST Robotics Program, \*\* KAIST Department of Mechanical Engineering, \*\*\* KRISO

**핵심용어** : 스칼라장 재구성, 정보적 경로계획, 가우시안 프로세스

**Key Words** : Scalar Field Reconstruction, Informative Path Planning, Gaussian Process

### 1. 개요 및 연구목적

영역 내 관심물리량에 대한 스칼라장을 재구성하기 위해서는 적절한 샘플링 위치의 선정이 중요하다. 그러나 실제 환경에서 연속적인 샘플링은 계측 플랫폼의 이동이 고려되어야 하고, 이는 플랫폼의 효율적인 경로 추종을 위한 경로계획 방법을 필요로 함을 의미한다.

본 연구에서는 효율적인 스칼라장 재구성을 위해 변형된 잔디깎이(Lawnmower)경로 기반 정보적(Informative) 경로계획 기법을 소개하고, 임의 스칼라장에 대한 몬테카를로(Monte Carlo) 모의실험을 통해 제안하는 기법의 유용성을 검증하고자 한다.

### 2. 연구방법

탐지 영역 내 연속적인 샘플링을 위해 다음 샘플링 지점까지의 경로를 2차 다항식으로 모델링 하였다.

$$(C_1(u), C_2(u)) = (a_x u^2 + b_x u + c_x, a_y u^2 + b_y u + c_y) \quad (1)$$

다항식의 계수들은 베이시안 최적화(Bayesian Optimization)를 통해 가장 많은 정보량을 획득하는 경로를 생성하는 방향으로 최적화된다. 취득한 샘플은 가우시안 프로세스(Gaussian Process)를 사용하여 영역 내 스칼라장을 재구성하였다. 다음 샘플 지점의 결정을 위해 평균과 분산의 합으로 결정되는 연속상한경계(Upper Continuous Bound, UCB)함수를 정의한다.

$$UCB = \mu + \kappa \sigma \quad (2)$$

여기서  $\kappa$ 는 탐험과 탐사의 균형을 조절하는 매개변수이며 0.1로 할당하였다. 다음 샘플 지점은 현재 재구성된 스칼라장을 기반으로 UCB가 최대가 되는 지점으로 선정된다.

표 1. 유사길이 잔디깎이경로 대비 성능 비교

|           | RMSE  | 경로길이 (m) |
|-----------|-------|----------|
| Lawnmower | 65.08 | 48       |
| Proposed  | 59.39 | 49.4     |

표 2. 촘촘한 잔디깎이경로 대비 성능 비교

|           | WRMSE(%) | 경로길이 (m) |
|-----------|----------|----------|
| Lawnmower | 1.22     | 144      |
| Proposed  | 6.23     | 49.36    |

### 3. 결과 및 고찰

제안된 경로계획 방법의 검증을 위해 잔디깎이경로를 성능 비교의 기준으로 삼았다. 제안된 방법의 효용성 검증을 위해 유사 경로길이 대비 평균제곱근오차(Root Mean Square Error; RMSE)를 비교하였고, 효율성 검증을 위해 촘촘한 잔디깎이경로 대비 가중평균제곱근오차(Weighted RMSE; WRMSE) 및 경로 길이를 비교하였으며 이를 표 1, 2에서 보인다. 제안된 방법은 유사길이 잔디깎이경로 대비 낮은 RMSE를 보이며, 촘촘한 잔디깎이경로 대비 5.01% 높은 WRMSE를 보이거나 에너지효율 측면에서 큰 장점을 가진다.

### 4. 결론

본 연구에서는 효율적인 스칼라장 재구성을 위한 취득 정보량을 최대로 하는 경로계획 기법을 제시하였다. 추후 플랫폼의 운용 특성을 반영한 효율적 스칼라장 재구성을 위한 경로계획 기법 연구가 진행될 예정이다.

### 후 기

이 논문은 2017년 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구(위험유해물질(HNS)사고 관리기술 개발)이다.

\* First Author : jh\_wang@kaist.ac.kr, 042-350-1579

† Corresponding Author : jinwhan@kaist.ac.kr, 042-350-1519